

PEMODELAN POTENSI WADUK UNTUK PENYEDIAAN AIR BAKU DAN PENGENDALIAN BANJIR DAS BENGAWAN SOLO HULU

Wiliya^{1*}, Nurfajiah², dan Mega Septia Sarda Dewi^{3*}

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang, Padang, Indonesia

³ Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

Email Corresponding: wiliya@pnp.ac.id

Abstrak: DAS Bengawan Solo Hulu menghadapi masalah baik banjir maupun kekeringan. Banjir disebabkan oleh meluapnya aliran dari sungai Bengawan Solo Hulu. Kekeringan muncul di beberapa daerah seperti Kabupaten Wonogiri, Lamongan, Gresik, dan Tuban. Untuk menyelesaikan problem ini, diperlukan penambahan waduk di DAS Bengawan Solo Hulu. Waduk tersebut berfungsi untuk menampung air ketika musim hujan dan memberikan cadangan air bersih ketika musim kering. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis seberapa besar pengurangan debit banjir dan tambahan volume waduk. Penelitian ini memanfaatkan model HEC-HMS untuk memprediksi debit hujan. Data yang digunakan meliputi data debit pengamatan, kapasitas waduk, curah hujan, peta penggunaan lahan, jenis tanah dan topografi. Semua data ini dimasukkan ke dalam model untuk memperoleh nilai debit dari simulasi. Debit yang diperoleh dari simulasi dikalibrasi menggunakan data observasi. Jika hasil simulasi menyerupai data yang tercatat, maka dilanjutkan dengan simulasi waduk yang direncanakan. Simulasi waduk ini bertujuan untuk menghitung penurunan debit puncak keluaran terhadap debit masuk dan volume tampungan dari setiap waduk. Dari penelitian ini ditemukan sembilan potensi waduk dengan total kapasitas tampungan mencapai 10,04 juta m³.

Kata kunci: Banjir; Curah Hujan; Topografi; Debit Observasi; Debit Simulasi

Abstract: Bengawan Solo Hulu watershed has flood and drought problems. The flood that occurred was caused by the overtopping of the Solo Hulu river. Drought occurred in several districts, namely Wonogiri, Lamongan, Gresik, and Tuban. Efforts to overcome this problem include adding a reservoir in the Bengawan Solo Hulu watershed, which collects water during the rainy season and uses it as a raw water reserve during the dry season. The research aims to analyze the reduced amount of flood discharge and volume from the additional reservoir in the Bengawan Solo Hulu Watershed. Therefore, to achieve the purpose of the research, it is necessary to use rainfall-runoff modeling. The model is the HEC-HMS Model. They utilize data in this research are observation debit, reservoir capacity, rainfall, and soil type data, as well as land use and topography maps, which are all useful in this study. The data will be entered into the HEC-HMS model to get the amount of discharge simulation results. The simulation discharge results are calibrated with observation discharge. If the simulated discharge resembles the observed discharge, proceed with making a reservoir simulation plan. Reservoir simulation determines the magnitude of the decrease in discharge from outflow to inflow and the amount of storage volume in each reservoir. The research obtained nine potential reservoirs in the Bengawan Solo Hulu watershed. From nine reservoirs, the storage volume which can be utilized is 10.04 billion m³.

Keywords: Flood; Rainfall; Topography; Observation discharge; Simulation discharge

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

DAS Bengawan Solo memiliki beberapa permasalahan antara lain kerusakan DAS, bencana banjir dan kekeringan yang terjadi pada musim kemarau terutama di Kabupaten Wonogiri, Lamongan, Gresik, dan Tuban (PSDA WS Bengawan Solo, 2010). Terdapat beberapa penyebab kerusakan DAS Bengawan Solo yaitu terus menurunnya kondisi hutan, penambangan liar dan konversi lahan yang menimbulkan kerusakan ekosistem dalam

tatanan DAS, lemahnya penegakan hukum terhadap pembalakan liar, dan pengelolaan yang tidak mengikuti kaidah konservasi serta erosi lahan. Kerusakan DAS pada umumnya terjadi di bagian hulu Bendungan Wonogiri yaitu Sub DAS Kedaung yang memberikan asupan sedimen cukup banyak ke dalam waduk (Direkrorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013).

Dari permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian untuk mengatasi banjir dan kekeringan yaitu menemukan potensi waduk di sepanjang sungai Bengawan Solo bagian hulu, dan melakukan analisa dari potensi tampungan tersebut. Di bawah ini akan dilampirkan lokasi penelitian:



Gambar 1. Peta DAS Bengawan Solo Hulu
(Sumber: PSDA Wilayah Sungai Bengawan Solo, 2010)

B. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini menggunakan HEC-HMS untuk menganalisa banjir yang terjadi di lokasi studi. Metode yang digunakan yaitu menghitung debit banjir pada sub DAS, pertemuan sungai dan ruas sungai. Simulasi dilakukan untuk dua kondisi, yang pertama saat sebelum ada tampungan dan kedua setelah adanya tampungan. Metode ini mampu mereduksi debit banjir sebesar 100 m³/dt di empat lokasi potensi tampungan dan tiga lokasi potensi tampungan tidak efektif mereduksi banjir, tapi berpotensi menampung air untuk penyediaan air (Lasminto U, 2009).

Penyediaan air baku dan pengendalian banjir dengan mencari lokasi tampungan yang ada di lokasi studi dan menganalisa volume tampungan. Hasil dari analisa ini adalah satu tampungan mampu mereduksi debit banjir sejumlah 70% yang bisa mengairi sawah selua 294 ha dan air bersih sebesar 85 lt/dt (Kustamar, 2010).

Kajian model matematik dengan menggunakan penelusuran banjir (Flood Routing) dengan Metoda Step by Step, Kinematic Wave dan perhitungan run off lokal dengan Metoda Snyder untuk kajian pengaruh tampungan waduk sebagai pengendali banjir di daerah jakarta bagian tengah (Kusuma dkk, 2007).

Kerapatan sungai adalah ukuran yang mencerminkan jumlah anak sungai yang ada dalam suatu daerah aliran sungai dan menggambarkan seberapa banyak air permukaan dapat disimpan dalam cekungan seperti danau, rawa, dan sungai yang mengalir di suatu wilayah. Kerapatan daerah aliran dapat mempengaruhi laju aliran air. Semakin besar kerapatan daerah aliran, maka laju aliran air juga akan semakin tinggi untuk curah hujan yang setara (Utama, 2016).

Waduk berfungsi untuk tampungan air. Topografi dapat digunakan untuk menentukan kapasitas dari waduk (Linsley, R.K dkk, 1991).

Salah satu pendekatan untuk mengubah curah hujan menjadi limpasan, terutama untuk aliran rendah adalah HEC-HMS. Program ini merupakan sistem hidrologi berbasis perangkat lunak yang dibuat oleh Hydrologic Engineering Centre (HEC) di bawah US Army Corps Of Engineers. HEC-HMS adalah aplikasi komputer yang berfungsi untuk menghitung konversi curah hujan dan proses pengalihan dalam wilayah aliran. Model ini mampu menentukan volume limpasan, limpasan langsung, aliran dasar, dan aliran di saluran. Seperti yang diuraikan dalam buku "Hydrologic Modeling System (HECHMS) Technical Reference Manual", perangkat ini dirancang untuk menghitung pemrosesan curah hujan dan limpasan dalam suatu sistem daerah aliran sungai. Perangkat lunak ini diciptakan oleh Hydrologic Engineering Centre (HEC) dari US Army Corps Of Engineers. Di dalam HEC-HMS terdapat fitur untuk kalibrasi serta simulasi model distribusi, model terus menerus, dan kemampuan untuk mengolah data GIS (Affandy, N.A, 2011).

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini menghitung potensi-potensi waduk di DAS Bengawan Solo Hulu yang berdasarkan peta tata guna lahan dan topografi, menghitung volume potensi waduk dan penurunan debit banjir di DAS Bengawan Solo Hulu.

METODE

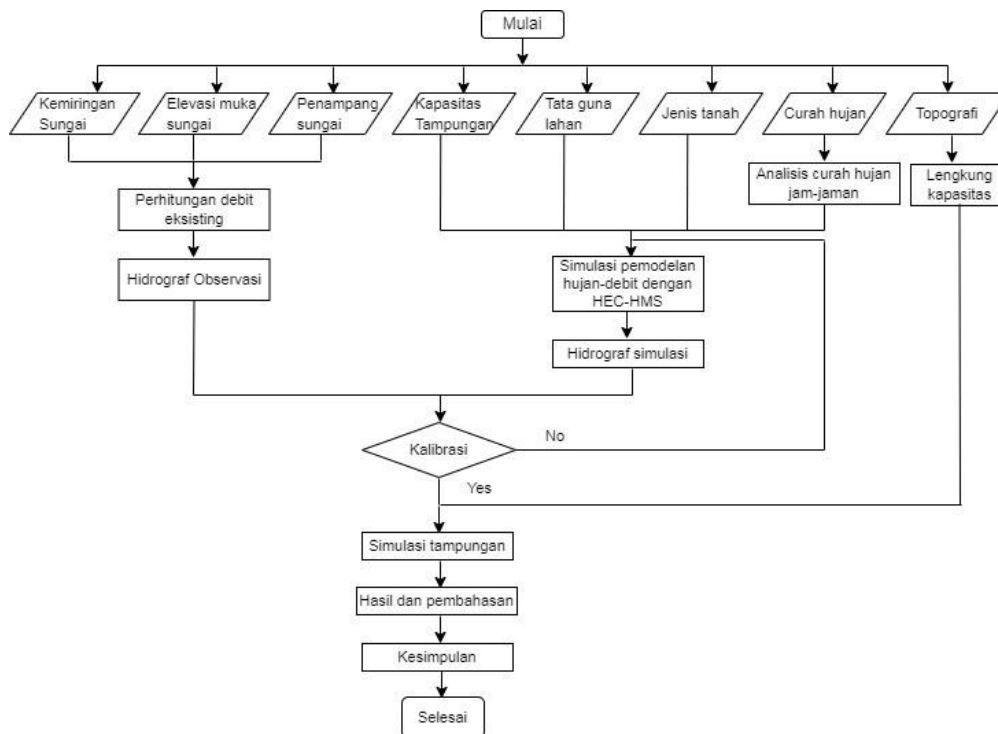
A. Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data sekunder yaitu data curah hujan, topografi, jenis tanah, tata guna lahan, debit observasi dan volume eksisting waduk/embung yang ada di sepanjang daerah studi kasus. Data tersebut diperoleh dari beberapa instansi terkait yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Bengawa Solo.

B. Analisa Data

Analisis dalam penelitian ini meliputi Simulasi Hujan-Debit, kalibrasi, penentuan lokasi potensi waduk dan simulasi tampungan waduk.

Berikut adalah diagram alir dari penelitian ini:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Potensi Waduk

Mencari potensi waduk yang ada di DAS Bengawan Solo hulu yang bertujuan untuk pengendali banjir dan sumber air baku. Potensi waduk didapatkan dengan menaikkan muka air dan melihat besaran genangan. Luasan genangan dibatasi oleh infrastruktur yang berada disekitar daerah genangan. Luas dan volume genangan dihitung dengan kedalaman kontur setiap satu meter. Menghitung luasan setiap elevasi untuk menentukan volume genangan dengan rumus:

$$I = \sum [(h_i + 1) - h_i \times 0,5 \times (F_i + F_{i+1})] \dots\dots\dots \text{pers. 1}$$

dimana:

- I = Volume tampungan waduk (m³)
- F = Luas daerah yang dikelilingi oleh garis h_i (m²)
- F_{i+1} = Luas daerah yang dikelilingi oleh garis h_{i+1} (m²)

Dari persamaan diatas, diperoleh volume tampungan rencana dari setiap potensi waduk. Langkah selanjutnya membuat garfik lengkung kapasitas, dengan hubungan luas dan volume genangan terhadap elevasi. Dari grafik lengkung kapasitas diperoleh volume tampungan dari sebuah waduk, yaitu dengan melihat titik perpotongan antara dua grafik (luas dan volume). Dengan mengasumsikan tampungan mati sebesar 30% dari volume waduk.

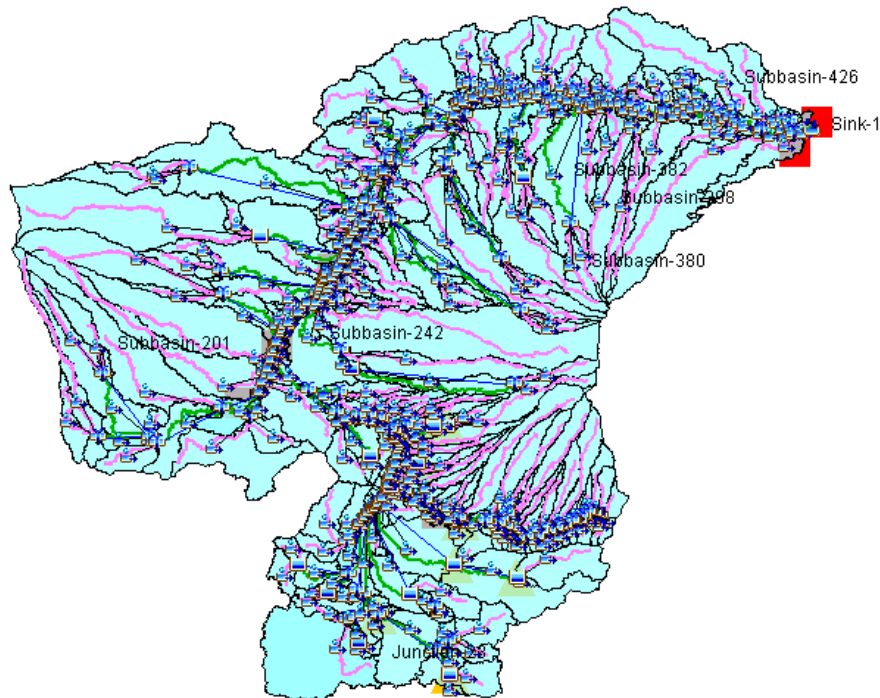
Volume efektif dari waduk dapat ditentukan dengan mengurangi volume waduk dengan volume tampungan mati. Berikut tabel rekapitulasi hasil perhitungan lengkung kapasitas 9 tampungan rencana di DAS Bengawan Solo Hulu:

Tabel 1. Rekapitulasi Volume Rencana Waduk

Tampungan Rencana	Elevasi (m)	Volume (m ³)
1	192	2.875.909,404
2	139	1.304.995,523
3	147	602.757,256
4	210	712.934,713
5	167	2.475.920,868
6	133	201.732,711
7	125	805.834,962
8	242	877.411,634
9	224	183.720,186

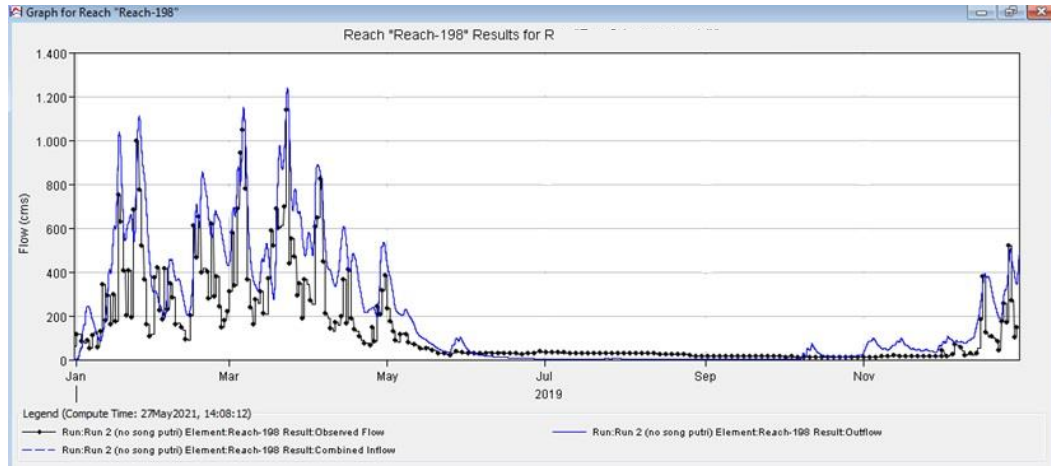
B. Pemodelan Dengan HEC-HMS

Pemodelan hujan-debit pada DAS bengawan Solo Hulu, diawali dengan identifikasi daerah aliran sungai menggunakan data DEMNAS. Hasil dari pengolahan data DEMNAS dan penelusuran aliran sungai, DAS Bengawan Solo Hulu dibagi menjadi 437 Subdas.



Gambar 3. DAS Bengawan Solo Hulu

Pemodelan HEC-HMS menggunakan data hujan dan debit tahun 2019. Parameter yang digunakan adalah hasil perhitungan yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Pada gambar di bawah ini dapat dilihat grafik debit HEC-HMS tahun 2019:



Gambar 4. Pemodelan Debit HEC-HMS

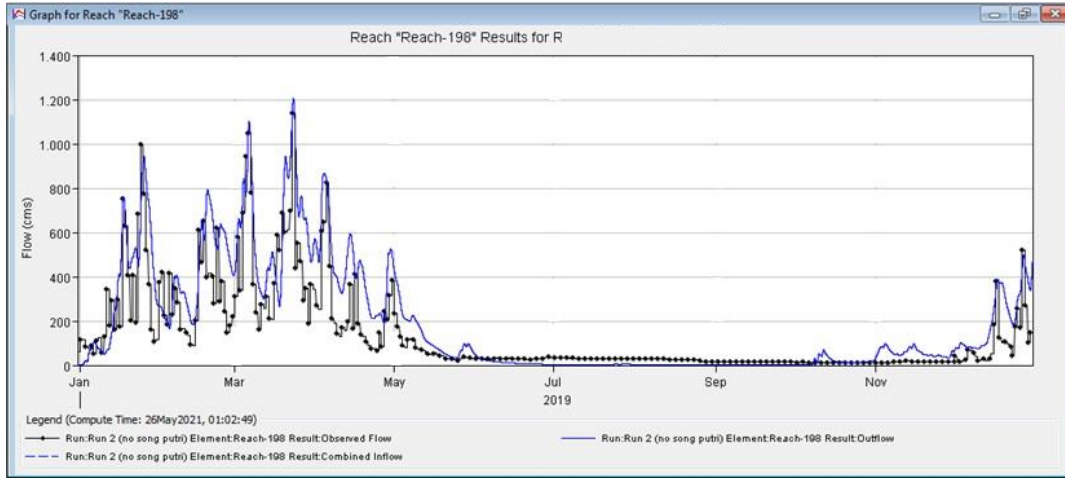
Gambar 4 menunjukkan hasil analisa aliran puncak sebesar 1207.82 m³/dt yang terjadi pada tanggal 23 maret 2019, 10:00 sedangkan debit puncak di lapangan 805.03 m³/dt terjadi pada 23 maret 2019, 10:00 dan nilai *Base Flow* tidak diperhitungkan. Dari hasil Analisa, perlu dilakukan kalibrasi agar pemodelan mendekati kondisi di lapangan.

C. Kalibrasi Model

Tujuan dari kalibrasi adalah menyesuaikan hasil analisis model agar mendekati data yang tercatat di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan dengan meingkatkan dan menurunkan beberapa parameter yang berpengaruh terhadap fluktuasi nilai NASH. Kalibrasi untuk model ini dilaksanakan di titik pos AWLR Kejangan. Tabel di bawah ini menunjukkan kalibrasi yang telah diterapkan pada model HEC_HMS menggunakan data curah hujan harian serta debit yang terukur di lapangan pada tahun 2019:

Tabel 2. Tabel Kalibrasi Model HEC-HMS

No	CN	TL	Impervious	Ia	NASH ¹
Awal	100%	100%	100%	100%	0,350
1				110%	0,481
2				120%	0,481
3	80%	80%		130%	0,482
4				140%	0,482
5				150%	0,483
6				110%	0,563
7				120%	0,563
8			100%	130%	0,564
9				140%	0,564
10				150%	0,564
11	75%	75%		160%	0,565
12				170%	0,565
13				180%	0,566
14				190%	0,566
15				200%	0,566
16				200%	0,575
17				220%	0,576
18	75%	75%	70%	240%	0,577
19				260%	0,577
20				280%	0,577
21				300%	0,578



Gambar 5. Model Kalibrasi

Dari gambar 5 dapat dilihat pemodelan hujan-debit yang terjadi pada tanggal 23 maret 2019 dengan puncak aliran sebesar 1116,60 m³/dt dan debit puncak sebesar 805,03 m³/dt. Grafik berwarna hitam menunjukkan debit yang diukur di lapangan (AWLR) sedangkan grafik yang berwarna biru mewakili debit pemodelan. Analisa mengenai pola aliran banjir tahun 2019 menunjukkan bentuk yang mirip dengan nilai NASH 0,578 maka kalibrasi model dianggap memenuhi kriteria.

D. Simulasi Waduk Rencana

Simulasi Waduk rencana dilakukan dengan cara memasukkan semua potensi waduk ke dalam permodelan HEC-HMS dan melihat besaran debit banjir yang dapat direduksi oleh waduk tersebut. Data yang digunakan adalah volume tampungan dan debit yang melewati pelimpah. Berikut hasil penurunan debit yang terjadi pada tiap-tiap tampungan:

Tabel 3. Penurunan Debit

NO	Nama Tampungan	L	t	Q _p Inflow	Q _p Outflow	ΔP	Q _p Storage
1	Waduk 1	1,00	2	16,7	12,3	4,4	7.321,4
2	Waduk 2	2,00	2	18,1	17,8	0,3	4.381,5
3	Waduk 3	2,00	2	61,1	58,9	2,2	4.996,1
4	Waduk 4	2,00	2	17,6	16,2	1,4	4.354,6
5	Waduk 5	5,00	2	98,6	93	5,6	6.151,0
6	Waduk 6	3,00	2	5,7	2,1	3,6	1.746,4
7	Waduk 7	5,00	2	10,9	8,9	2	2.470,5
8	Waduk 8	3,00	2	9,2	9,1	0,1	6.100,3
9	Waduk 9	5,00	2	212,5	211,9	0,6	1.662,4

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa tampungan 5 paling besar penurunan debit puncak tampungannya sebesar 5,6 m³/dt. Untuk penurun debit puncak paling sedikit terjadi pada tampungan 8 sebesar 0,1 m³/dt. Dengan adanya tampungan rencana sebanyak 9 buah, maka penurunan debit puncak yang terjadi di DAS Bengawan Solo Hulu sebsar 20,2 m³/dt dengan volume tampungan sebesar 10.041.217,257 m³. 9 tampungan rencana dianggap mampu mereduksi banjir dan volume air yang tertampung dapat digunakan sebagai kebutuhan air baku.

KESIMPULAN

Berdasarkan peta topografi dan tata guna lahan, diperoleh sembilan potensi waduk di DAS Bengawan Solo Hulu. Volume total dari sembilan potensi waduk yang dapat dimanfaatkan untuk penyediaan air baku adalah sebesar 10,041 juta m³. Sembilan potensi waduk di DAS Bengawan Solo Hulu dapat mereduksi banjir sebesar 20,2 m³/dt. Saran untuk penelitian lebih lanjut diperlukan pengaturan tata guna lahan di DAS Bengawan Solo Hulu, agar bisa mereduksi debit banjir secara signifikan. Untuk mendapatkan volume tampungan dan penurunan debit banjir yang lebih besar, maka perlu mempertimbangkan lahan yang berada di sekitar potensi waduk. Semakin besar volume tampungan, maka debit bajir yang direduksi semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandy, Nur Azizah. 2019. "Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model Hec-Hms Di DAS." (February).
- Arlimasita, A., U. Lasminto, and E. Edijatno. 2018. "Perencanaan Embung Bangle Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk." *Jurnal Hidroteknik* 14–20.
- Bambang Triatmodjo. 2011. *Hidrologi Terapan*. 2nd Ed. Yogyakarta: Beta Offset.
- Galih, Utama Alfian, Wijaya Arwan Putra, and Abdi Sukmono. 2016. "Kajian Kerapatan Sungai Dan Indeks Penutupan Lahan Sungai Menggunakan Penginderaan Jauh (Studi Kasus : Das Juana)." *Jurnal Geodesi UndipGalih, U. A., Putra, W. A., & Abdi Sukmono. (2016). Kajian Kerapatan Sungai Dan Indeks Penutupan Lahan Sungai Menggunakan Penginderaan Jauh (Studi Kasus : Das Juana). Jurnal Geodesi Undip, 5(1), 285–293. 5(1):285–93.*
- Kustamar. 2010. "Penyediaan Air Baku Dan Pengendalian Banjir di Kawasan Kota Pamekasan Dan Sekitarnya." *Spectra* 8:1.
- Kusuma, Muhammad Syahril Badri, Iwan Kridasantausa Hadihardaja, and Rommy M. 2010. "Kajian Model Matematik Pengaruh Pemanfaatan Waduk Pada Kapasitas Sistem Pengendalian Banjir Jakarta Wilayah Tengah." *Jurnal Teknik Sipil* 14(4):197. doi:10.5614/jts.2007.14.4.3.
- Lasminto, Umboro, and Fifi Sofia. 2009. "Study on Potential Catchment of Sampean River Upper Watershed as Flood Control and Source of Water Supply." *Jurnal Purifikasi* 10(1):9–18.
- Linsley, Ray K., Joseph B. Franzini, and Djoko Sasongko. 1991. *TEKNIK SUMBER DAYA AIR*. 3rd ed. Jakarta: ERLANGGA.
- Wilayah Sungai Bengawan Solo. 2010. *Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Bengawan Solo*. Indonesia.

